



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2015년09월01일

(11) 등록번호 10-1549309

(24) 등록일자 2015년08월26일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04W 36/14 (2009.01) H04W 36/24 (2009.01)
- (21) 출원번호 10-2013-0154556
- (22) 출원일자 2013년12월12일
심사청구일자 2013년12월12일
- (65) 공개번호 10-2015-0068651
- (43) 공개일자 2015년06월22일
- (56) 선행기술조사문헌
KR1020100092656 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

- (73) 특허권자
한국과학기술원
대전광역시 유성구 대학로 291(구성동)
- (72) 발명자
송유재
대전 유성구 대학로 291, (구성동, 한국과학기술원)
- 한영남
대전 유성구 대학로 291, (구성동, 한국과학기술원)
- (74) 대리인
양성보

전체 청구항 수 : 총 7 항

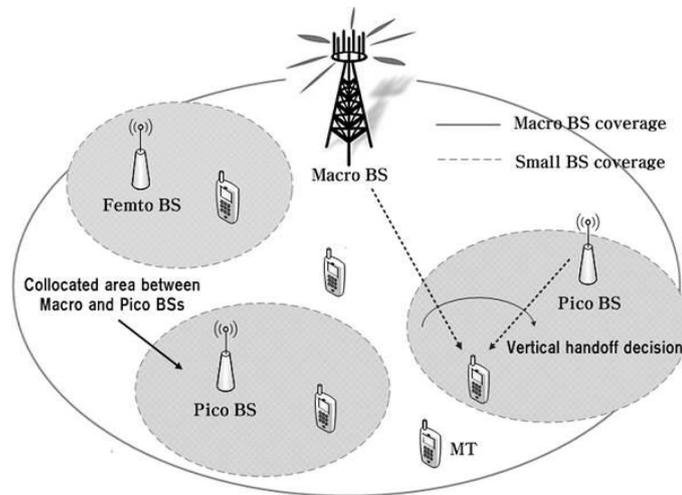
심사관 : 정현주

(54) 발명의 명칭 이종 무선 네트워크에서의 하향 링크 파워 최적화 핸드오버 방법 및 장치

(57) 요약

이종 무선 네트워크에서의 하향 링크 파워 최적화 핸드오버 방법 및 장치가 개시된다. 본 발명의 실시예들은 이종 무선 네트워크(heterogeneous wireless network)에서 수직적 핸드 오버(vertical handover)를 수행하는 기법에 관한 것으로, 각기 다른 네트워크에서 제공하는 QoS(Quality of Service)를 보장하면서 하나의 트래픽을 처리하기 위해 요구되는 전체 파워 소비의 최소화를 목표로 하는 버티컬 핸드오버 방법 및 장치를 제공할 수 있다.

대표도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1291101105120010100

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 방송통신전파진흥원

연구사업명 방송통신기술개발사업(방송통신인프라원천기술사업)

연구과제명 인지정보기반 인텔리전트 다중라디오 기술

기 여 율 1/1

주관기관 한국과학기술원

연구기간 2013.05.01 ~ 2014.04.30

특허청구의 범위

청구항 1

이종 무선 네트워크(heterogeneous wireless networks)에서의 수직적 핸드오버(vertical handover) 방법에 있어서,

하향 링크로 기지국이 모바일 터미널에게 복수의 프레임으로 구성된 하나의 트래픽을 전송하는 경우, 매 프레임의 전송 시작 전마다 복수의 무선 네트워크에서 접속 가능한 후보 기지국들을 확인하는 단계;

상기 하나의 트래픽을 처리하기 위해 요구되는 전체 파워 소비에 대한 예상 전체 비용(expected total cost)을 상기 확인된 후보 기지국들 각각을 선택한 경우에 대해 계산하는 단계; 및

상기 후보 기지국들 중 상기 예상 전체 비용이 가장 낮게 계산되는 후보 기지국을 선택하는 단계

를 포함하고,

상기 계산하는 단계는,

상기 확인된 후보 기지국들 각각에 대해, 후보 기지국의 전송 파워 및 회로 파워에 기반하여 계산되는 전송 비용과 후보 기지국에서 핸드오버를 위해 요구되는 파워 소비의 비용인 핸드오버 비용의 합인 파워 소비 비용을 핸드오버 결정 시점들에 대해 각각 계산하고, 상기 핸드오버 결정 시점들에 대해 각각 계산된 파워 소비 비용들의 합에 대한 기대값을 상기 예상 전체 비용을 계산하는 것을 특징으로 하는 수직적 핸드오버 방법.

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 전송 파워에 대한 비용은, 해당 기지국이 지원할 수 있는 최대 전송 파워, 최소 전송 파워 및 전력 제어를 위한 링크 품질의 임계값을 이용하여 계산되는 것을 특징으로 하는 수직적 핸드오버 방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 기대값은, MDP(Markov Decision Process)에 기반하여, 정책(policy)과 초기상태(initial state)가 주어졌을 때의 기대값(expectation)을 포함하고,

상기 파워 소비 비용은, 확률변수(random variable)가 주어졌을 때의 기대값 및 현재 시점에서의 미래 비용의 중요성에 따라 기설정된 디스카운트 팩터(discount factor)를 더 이용하여 계산되는 것을 특징으로 하는 수직적 핸드오버 방법.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 정책은, 벨만 최적 방정식(Bellman optimal equation)을 통한 동적 프로그래밍 및 가치 반복 알고리즘(value iteration algorithm) 중 적어도 하나를 이용하여 결정되는 것을 특징으로 하는 수직적 핸드오버 방법.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 매 프레임의 전송 시작 전의 핸드오버 결정 시점(handover decision epoch)마다 핸드오버 여부를 결정하는 단계

를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 수직적 핸드오버 방법.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 핸드오버 여부를 결정하는 단계는,

상기 하나의 트래픽의 크기에 기반하여 결정되는 특정 핸드오버 결정 시점까지 상기 핸드오버 결정 시점마다 상기 핸드오버 여부를 결정을 반복하고,

상기 특정 핸드오버 결정 시점은, 마지막 핸드오버 결정 시점 이전의 시점인 것을 특징으로 하는 수직적 핸드오버 방법.

청구항 9

이종 무선 네트워크(heterogeneous wireless networks)에서의 수직적 핸드오버(vertical handover)를 위한 기지국에 있어서,

적어도 하나의 프로세서;

상기 적어도 하나의 프로세서의 제어에 따라, 모바일 터미널에게 복수의 프레임으로 구성된 하나의 트래픽을 전송하는 경우, 매 프레임의 전송 시작 전마다 복수의 무선 네트워크에서 접속 가능한 후보 기지국들을 확인하는 후보 기지국 확인부;

상기 적어도 하나의 프로세서의 제어에 따라, 상기 하나의 트래픽을 처리하기 위해 요구되는 전체 파워 소비에 대한 예상 전체 비용(expected total cost)을 상기 확인된 후보 기지국들 각각을 선택한 경우에 대해 계산하는 예상 전체 비용 계산부; 및

상기 적어도 하나의 프로세서의 제어에 따라 상기 후보 기지국들 중 상기 예상 전체 비용이 가장 낮게 계산되는 후보 기지국을 선택하는 후보 기지국 선택부

를 포함하고,

상기 예상 전체 비용 계산부는,

상기 확인된 후보 기지국들 각각에 대해, 후보 기지국의 전송 파워 및 회로 파워에 기반하여 계산되는 전송 비용과 후보 기지국에서 핸드오버를 위해 요구되는 파워 소비의 비용인 핸드오버 비용의 합인 파워 소비 비용을 핸드오버 결정 시점들에 대해 각각 계산하고, 상기 핸드오버 결정 시점들에 대해 각각 계산된 파워 소비 비용들의 합에 대한 기대값을 상기 예상 전체 비용을 계산하는 것을 특징으로 하는 기지국.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명의 실시예들은 이종 무선 네트워크에서의 하향 링크 파워 최적화 핸드오버 방법 및 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 최근에 스마트 폰 및 태블릿 PC와 같은 다양한 무선 디바이스들의 사용으로 인해 전 세계적으로 데이터 트래픽 사용량이 폭발적으로 증가하고 있다. 이와 같이 증가하는 트래픽을 지원하기 위해, 피코(Pico) 및 펌토(Femto) BS(Base Station)과 같은 스몰(small) BS를 다수 설치하는 것이 트래픽 증가 문제를 해결을 위한 대표적인 방안으로 떠오르고 있다.

[0003] 이러한 매크로(macro) BS 및 스몰(small) BS들이 혼합되어 있는 이종 무선 네트워크 환경에서 효율적인 버티컬(vertical) 핸드오버 기술은 끊임 없는 서비스를 MT(Mobile Terminal)에게 지원하기 위해 반드시 요구되는 기술이다. 기존의 수평적 핸드오버(horizontal handover)에서는 주로 RSS(Received Signal Strength)를 유일한 핸드오버 결정 파라미터로 고려했던 것과는 달리 수직적 핸드오버에서는 네트워크 접속 시간(network connection

time), 파워 소비(power consumption), 비용(monetary cost)등과 같은 다양한 핸드오버 결정 파라미터들이 추가적으로 핸드오버 결정을 위해 고려될 수 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] 이종 무선 네트워크 환경에서 하나의 트래픽을 전송하기 위해 요구되는 전체 파워 소비를 제안하는 수직적 핸드오버 방법을 통해 최소화할 수 있는 버티컬 핸드오버 방법 및 장치를 제공한다.

[0005] 하나의 트래픽을 처리하기 위해 요구되는 전체 핸드오버 결정 시점 가운데 마지막 얼마간은 핸드오버 결정 자체를 수행하지 않음으로써 추가적인 파워 절약을 이끌어 낼 수 있는 버티컬 핸드오버 방법 및 장치를 제공한다.

과제의 해결 수단

[0006] 이종 무선 네트워크(heterogeneous wireless networks)에서의 수직적 핸드오버(vertical handover) 방법에 있어서, 하향 링크로 기지국이 모바일 터미널에게 복수의 프레임으로 구성된 하나의 트래픽을 전송하는 경우, 매 프레임의 전송 시작 전마다 복수의 무선 네트워크에서 접속 가능한 후보 기지국들을 확인하는 단계; 상기 하나의 트래픽을 처리하기 위해 요구되는 전체 파워 소비에 대한 예상 전체 비용(expected total cost)을 상기 확인된 후보 기지국들 각각을 선택한 경우에 대해 계산하는 단계; 및 상기 후보 기지국들 중 상기 예상 전체 비용이 가장 낮게 계산되는 후보 기지국을 선택하는 단계를 포함하는 수직적 핸드오버 방법이 제공된다.

[0007] 이종 무선 네트워크(heterogeneous wireless networks)에서의 수직적 핸드오버(vertical handover)를 위한 기지국에 있어서, 적어도 하나의 프로세서; 상기 적어도 하나의 프로세서의 제어에 따라, 모바일 터미널에게 복수의 프레임으로 구성된 하나의 트래픽을 전송하는 경우, 매 프레임의 전송 시작 전마다 복수의 무선 네트워크에서 접속 가능한 후보 기지국들을 확인하는 후보 기지국 확인부; 상기 적어도 하나의 프로세서의 제어에 따라, 상기 하나의 트래픽을 처리하기 위해 요구되는 전체 파워 소비에 대한 예상 전체 비용(expected total cost)을 상기 확인된 후보 기지국들 각각을 선택한 경우에 대해 계산하는 예상 전체 비용 계산부; 및 상기 적어도 하나의 프로세서의 제어에 따라 상기 후보 기지국들 중 상기 예상 전체 비용이 가장 낮게 계산되는 후보 기지국을 선택하는 후보 기지국 선택부를 포함하는 기지국이 제공된다.

발명의 효과

[0008] 이종 무선 네트워크 환경에서 하나의 트래픽을 전송하기 위해 요구되는 전체 파워 소비를 제안하는 수직적 핸드오버 방법을 통해 최소화할 수 있다.

[0009] 하나의 트래픽을 처리하기 위해 요구되는 전체 핸드오버 결정 시점 가운데 마지막 얼마간은 핸드오버 결정 자체를 수행하지 않음으로써 추가적인 파워 절약을 이끌어 낼 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0010] 도 1은 본 발명의 일실시예에 있어서, 이종 무선 네트워크 환경에서 수직적 핸드오버의 예를 도시한 도면이다.
- 도 2는 본 발명의 일실시예에 있어서, K+1 프레임으로 구성된 동종의 트래픽 흐름과 핸드오버 결정을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 3은 본 발명의 일실시예에 있어서, 링크 품질에 따른 BS의 전력 제어를 설명하기 위한 도면이다.
- 도 4는 각기 다른 핸드오버 비용에 따른 기대 전체 파워 소비를 나타낸 그래프이다.
- 도 5는 각기 다른 핸드오버 비용에 따른 전체 핸드오버 수를 나타낸 그래프이다.
- 도 6은 시나리오 1 환경에서 K가 9일 때, 디스카운트 팩터의 변화에 따른 각 핸드오버 결정 시점에서 발생하는 핸드오버의 수를 나타낸 그래프이다.
- 도 7은 본 발명의 일실시예에 있어서, 기지국의 내부 구성을 설명하기 위한 블록도이다.
- 도 8은 본 발명의 일실시예에 있어서, 수직적 핸드오버 방법을 도시한 흐름도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0011] 이하, 본 발명의 실시예를 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다.

[0012] 본 발명의 실시예들은 이종 무선 네트워크(heterogeneous wireless network)에서 수직적 핸드 오버(vertical handover)를 수행하는 기법에 관한 것으로, 각기 다른 네트워크에서 제공하는 QoS(Quality of Service)를 보장하면서 하나의 트래픽을 처리하기 위해 요구되는 전체 파워 소비의 최소화를 목표로 하는 버티컬 핸드오버 방법 및 장치에 관한 것이다.

[0013] 일실시예로, 핸드 오버 방법은, 하향 링크로 기지국이 사용자에게 여러 프레임으로 구성된 하나의 트래픽을 전송할 때, 매 프레임 전송 시작 전에 다수의 무선 네트워크에서 접속 가능한 후보 BSs(base stations)를 선택하고, 각각의 후보 BS를 선택했을 때 요구되는 기대(expected) 파워 소비를 계산하며, 이를 통해 가장 낮은 파워 소비가 기대되는 BS를 선택할 수 있다. 특히, 파워 소비를 계산할 때 트래픽 전송시 요구되는 전송 파워 및 회로(circuit) 파워뿐만 아니라 핸드오버 실행 시 요구되는 파워 소비 또한 반영할 수 있다.

[0014] 예를 들어, 핸드 오버 방법은, 동적 파워 제어(dynamic power control)를 통해 각 BS들이 속한 네트워크 명목 서비스율(nominal service rate)를 유지하면서 하나의 트래픽을 처리 하기 위해 요구되는 전체 파워 소비를 최소화할 수 있다. 이 경우, 핸드 오버 방법은 MDP(Markov Decision Process)를 바탕으로 할 수 있으며, 이를 통해 핸드오버 실행 시 발생하는 파워 소비뿐만 아니라 시스템의 스토캐스틱(stochastic) 동작까지 분석할 수 있다.

[0015] 1. 개요

[0016] 도 1은 본 발명의 일실시예에 있어서, 이종 무선 네트워크 환경에서 수직적 핸드오버의 예를 도시한 도면이다. 도 1에서 매크로(macro) BS(Base Station)의 커버리지(coverage)안에 두 개의 펌토(femto) BS와 하나의 피코(pico) BS가 존재하고, 매크로(macro) BS의 커버리지와 스몰(small) BS의 커버리지가 교차하는 지역을 콜리케이티드 영역(collocated area)이라 한다. 이러한 콜리케이티드 영역에 위치하고 있는 모바일 단말(Mobile Terminal, MT)는 데이터 트래픽 전송 시 접속 가능한 BS들 가운데 가장 적절한 BS를 선택해야 한다.

[0017] 콜리케이티드 영역에 위치하고 있는 MT가 접속 가능한 BS들의 집합을 $N = N_{macro} \cup N_{femto} \cup N_{pico} = \{1, 2, \dots, N\}$ 이라 할 때, N 은 접속 가능한 BS들의 전체 수를 의미할 수 있다. 이종 무선 네트워크를 이루고 있는 각기 다른 타입(혹은 각기 다른 네트워크)의 BS들은 각기 다른 전송 파워와 네트워크 명목 서비스율을 가질 수 있다. 예를 들어, pico BS는 macro BS들에 비해 상대적으로 낮은 전송 파워를 갖지만, 상대적으로 높은 서비스율을 가진다.

[0018] MT와 BS $n \in N$ 사이의 무선 채널을 링크 n 이라 정의한다. 이러한 무선 채널 특성은 통계적으로 동일하고, 독립적인 느린 레일리 페이딩(statistically identical and independent slow Rayleigh fading)으로 표현될 수 있다. 시변 링크 품질(time-varying link quality)은 하나의 프레임(frame)을 처리하는 동안 일정한 값을 가지며, 이 값은 FSMC(Finite-State Markov Channel) 모델을 채택 함으로써 M 개의 이산(discrete) 값으로 표현될 수 있다. q_n 을 링크 n 의 채널 품질(channel quality)이라 하고, $0 = A_0 < A_1 < \dots < A_{M-1} < A_M = \infty$ 을 기선정된 수신 신호대잡음비(pre-determined received SNR(Signal to Noise Ratio))라 한다. 이때, 만약 시간 t 에서 링크 n 의 실제의 수신 신호대잡음비 $\delta_n(t)$ 값이 $A_m \leq \delta_n(t) < A_{m+1}$ 이라면 q_n 의 링크 품질은 A_m 로 표현될 수 있다. 따라서, 링크 n 의 채널 품질 q_n 이 기선정된 수신 신호대잡음비와 같을 안정된-상태 확률(the steady-state probability) P_m 은 아래의 수학적 식 1과 같이 표현될 수 있다.

수학적 식 1

$$P_m = P[q_n = A_m] = \int_{A_m}^{A_{m+1}} f_A(a) da = \exp\left\{-\frac{A_m}{\nu}\right\} - \exp\left\{-\frac{A_{m+1}}{\nu}\right\}$$

[0019]

[0020]

이때, ν 는 평균 수신 신호대잡음비(mean received SNR)를, $f_A(a) = \frac{1}{\nu} \exp\left\{-\frac{a}{\nu}\right\}$ 는 지수확률변수(exponential random variable)의 확률밀도함수(probability density function, PDF)를 각각 의미할 수 있다.

[0021]

이를 바탕으로 한 링크 품질에서 다른 링크 품질로의 전이확률(transition probability)은 아래 수학적 식 2와 같이 표현될 수 있다.

수학적 식 2

$$p_{m,m+1} = \frac{D_{m+1}}{\mu_n p_m}, m = 0, 1, \dots, M-2$$

$$p_{m,m-1} = \frac{D_m}{\mu_n p_m}, m = 1, 2, \dots, M-1$$

$$p_{0,0} = 1 - p_{0,1},$$

$$p_{M-1,M-1} = 1 - p_{M-1,M-2},$$

$$p_{m,m} = 1 - p_{m,m-1} - p_{m,m+1}, m = 1, 2, \dots, M-2$$

[0022]

이때 $D_m = \sqrt{\frac{2\pi A_m}{\nu}} f \exp\left\{-\frac{A_m}{\nu}\right\}$ 는 최대 도플러 주파수(Doppler frequency)가 $f^{D_{\text{일}}}$ 일 때 수신 신호대잡음비가 특정 레벨 A_m 이하로 내려가는 횟수의 기대값을 의미할 수 있고, μ_n 은 BS n이 속한 네트워크의 명목 서비스율을 의미할 수 있다.

[0023]

[0024]

도 2는 본 발명의 일실시예에 있어서, K+1 프레임으로 구성된 이기종 트래픽 흐름과 핸드오버 결정을 설명하기 위한 도면이다.

[0025]

각각의 활성(active) MT는 도 2와 같이 동종의(homogeneous) K+1의 프레임들로 구성된 하나의 트래픽 흐름(traffic flow)으로 표현될 수 있다. K+1 프레임들을 전송한 이후, active MT는 비활성(inactive) 상태가 되고 다시 활성화되기 전까지 시스템을 떠나게 된다. 각각의 MT는 오직 하나의 BS에만 접속 할 수 있기 때문에, 첫 번째 프레임의 전송 이후, 매 프레임의 전송 전에 핸드오버 결정이 요구된다(총 K번의 핸드오버 결정 시점(handover decision epoch)이 존재).

[0026]

또한 각각의 BS는 동적 파워 제어 기술을 통해 MT에게 BS가 속한 네트워크가 제공하는 네트워크 명목 서비스율을 제공할 수 있다.

[0027]

2. 파워 최적화 수직적 핸드오버를 위한 MDP 프레임워크

[0028]

MDP는 $T = (S, A, T, r)$ 로 표현될 수 있는데, 이때 S 는 상태 공간(state space)을, A 는 모든 가능한 액션(action)들의 집합을, $T[s'|s, a]$ 는 전이확률을, r 은 상태(state) a 에서 액션을 수행했을 때의 비용(cost)을 각각 나타낼 수 있다.

[0029]

우선 MT의 상태를 아래 수학적 식 3과 같이 정의할 수 있고, 이를 통해 현재 접속하고 있는 BS 정보 및 모든 접속 가능한 N BS들과 MT 사이의 링크 품질 정보를 알 수 있다.

수학식 3

[0030]
$$S = \{1, 2, \dots, N\} \times Q_1 \times Q_2 \times \dots \times Q_N$$

[0031] 이때 Q_n 은 링크 n를 위한 M 양자화 링크 품질(quantized link quality)의 집합을 나타낼 수 있으며, \times 는 카티전 곱 연산자(Cartesian product operator)를 의미할 수 있다.

[0032] 액션은 N개의 접속 가능한 BS 가운데서 하나의 BS를 선택하는 것을 의미할 수 있으며, 이때의 액션 집합(action set)은 $A = \{1, 2, \dots, N\}$ 으로 나타낼 수 있다.

[0033] 비용 $r(s, a)$ 는 선택된 BS a가 MT에게 하나의 프레임 전송하기 위해 요구되는 파워 소비를 의미하고, 이는 아래 수학식 4와 같이 전송 비용 $f(s, a)$ 와 핸드오버 비용 $g(s, a)$ 의 합으로 표현될 수 있다.

수학식 4

[0034]
$$r(s, a) = f(s, a) + g(s, a)$$

[0035] 아래 수학식 5로 표현될 수 있는 전송 비용 함수는 BS a의 전송 파워뿐만 아니라 BS a의 회로 파워(circuit power)를 반영할 수 있다.

수학식 5

[0036]
$$f(s, a) = b_{frame} \frac{1}{\mu_a} (P_{a,tx} + P_{a,c})$$

[0037] 이때 $P_{a,tx}$ 는 BS a의 전송 파워일 수 있고, $P_{a,c}$ 는 BS a의 회로 파워를 의미할 수 있으며, 이러한 회로 파워는 전송 파워와는 독립적으로 소비되는 파워이다. 또한, b_{frame} 는 하나의 동종 프레임(homogeneous frame)를 구성하고 있는 비트(bit)의 수를 나타낼 수 있다.

[0038] 앞서서도 언급했듯이 각각의 BS들은 MT에게 일정한 네트워크 명목 서비스율을 제공하기 위해 동적 파워 제어를 수행할 수 있다. 따라서 $P_{a,tx}$ 는 링크 품질에 따라 값이 결정될 수 있으며, 아래 수학식 6과 같이 $P_{a,tx}$ 가 표현될 수 있다.

수학식 6

[0039]
$$P_{a,tx} = \begin{cases} \frac{(P_{a,\min} - P_{a,\max})}{(q_{th} - q_0)}(q - q_0) + P_{a,\max}, & q_0 \leq q < q_{th} \\ P_{a,\min}, & q_{th} \leq q \leq q_{M-1} \end{cases}$$

[0040] 이때 $P_{a,\max}$ 와 $P_{a,\min}$ 은 선택된 BS a가 지원할 수 있는 최대 및 최소의 전송 파워를, q_{th} 는 전력 제어를 위한 링크 품질의 임계값(threshold level)를 각각 나타낼 수 있다.

[0041] 도 3은 본 발명의 일실시예에 있어서, 링크 품질에 따른 BS의 전력 제어를 설명하기 위한 도면이다.

[0042] 핸드오버 비용 함수는 수직적 핸드오버 실행 과정에서 발생하는 시그널링 교환(signaling exchanges)과 처리부담(processing loads)을 위해 소비되는 파워를 반영하고자 하며 아래 수학적 식 7과 같이 표현될 수 있다.

수학적 식 7

$$g(s, a) = \begin{cases} K_{i,a}, & i \neq a \\ 0, & i = a, \end{cases}$$

[0043]

[0044] 이때 $K_{i,a}$ 는 현재의 BS i에서 BS a로 스위칭 하는데 요구되는 파워 소비를 의미할 수 있다.

[0045] 마지막으로, 상태 $\mathbf{s} = [n, q_1, q_2, \dots, q_N]$ 에서 $\mathbf{s}' = [n', q'_1, q'_2, \dots, q'_N]$ 로의 상태전이 확률(state transition probability)은 아래 수학적 식 8과 같이 표현될 수 있다.

수학적 식 8

$$T[\mathbf{s}' | \mathbf{s}, a] = \begin{cases} \prod_{n=1}^N P[q'_n | q_n], & n' = a \\ 0, & otherwise. \end{cases}$$

[0046]

[0047] 제안하고자 하는 수직적 핸드오버 방법의 목표는 네트워크 명목 서비스율을 유지하면서 하나의 트래픽을 처리하기 위해 요구되는 전체 파워 소비를 최소화하는 것이므로, 이를 위해 위에서 제안된 MDP 프레임워크에선 매 핸드오버 선택 시점에 예상 전체 비용(expected total cost)이 최소가 되도록 BS를 선택할 수 있다. MDP 정책(policy)과 초기상태(initial state)가 주어졌을 때, 예상 전체 비용은 아래 수학적 식 9와 같이 정의될 수 있다.

수학적 식 9

$$v^\pi(s) = E_s^\pi \left[E_K \left\{ \sum_{t=1}^K \delta^{t-1} r(s_t, a_t) \right\} \right]$$

[0048]

[0049] 이때 E_s^π 는 정책과 초기상태가 주어졌을 때의 기대값(expectation)을 의미할 수 있고, $\delta \in [0, 1)$ 는 디스카운트 팩터(discount factor)를 의미할 수 있는데, 이는 현재 시점에서의 미래 비용의 중요성을 결정할 수 있다.

또한, E_K 는 확률변수 K가 주어졌을 때의 기대값을 의미할 수 있다. 앞에서 언급했듯이 K는 하나의 트래픽 당 요구되는 핸드오버 결정 시점의 수이고, 이는 확률변수로 두는 것이 일반적이다. 이를 위해 확률변수 K를 기하 분포(geometrically distributed)하고 평균이 $1/(1-\lambda)$ 이라 둔다. 이를 통해 예상 전체 비용 $v^\pi(s)$ 은

아래 수학적 식 10과 같이 다시 작성될 수 있다.

수학적 식 10

$$\begin{aligned}
 v^\pi(s) &= E_s^\pi \left[\sum_{k=1}^{\infty} \sum_{t=1}^k \delta^{t-1} r(X_t, Y_t) \lambda^{k-1} (1-\lambda) \right] \\
 &= E_s^\pi \left[\sum_{t=1}^{\infty} \delta^{t-1} r(X_t, Y_t) (1-\lambda) \sum_{k=t}^{\infty} \lambda^{k-1} \right] \\
 &= E_s^\pi \left[\sum_{t=1}^{\infty} \delta^{t-1} \lambda^{t-1} r(X_t, Y_t) \right] \\
 &= E_s^\pi \left[\sum_{t=1}^{\infty} \zeta^{t-1} r(s_t, a_t) \right]
 \end{aligned}$$

[0050]

[0051] 이때, $\zeta = \delta\lambda \in [0,1)$ 는 새로운 디스카운트 팩터를 의미할 수 있다.

[0052] 최종적으로 아래의 수학적 식 11과 같이 모든 실현 가능한 정책(feasible policy) Π 중에 예상 전체 비용을 최소화하는 정책 π 를 선택해야 한다.

수학적 식 11

$$v(s) \equiv \min_{\pi \in \Pi} v^\pi(s)$$

[0053]

[0054] 이때 $v(s)$ 는 최소의 예상 전체 비용을 의미할 수 있다.

[0055] 최적의 정책 π 는 아래 수학적 식 12와 같은 벨만 최적 방정식(Bellman optimal equation)을 통한 동적 프로그래밍을 통해 얻을 수 있다.

수학적 식 12

$$v(\mathbf{s}) = \min_{a \in \mathcal{A}} \left[r(\mathbf{s}, a) + \zeta \sum_{\mathbf{s}' \in \mathcal{S}} T(\mathbf{s}' | \mathbf{s}, a) v(\mathbf{s}') \right]$$

[0056]

[0057] 일반적으로 가치 반복 알고리즘(value iteration algorithm)을 이용하여 최적의 정책(optimal policy)을 구할 수 있다.

- [0058] 3. 시뮬레이션 결과
- [0059] MT는 두 개의 BS로부터 형성된 컬리케이티드 영역 내에 위치하고 있고, 트래픽 처리 시간동안 두 BS에 선택적으로 접속 가능한 상황을 고려한다. 시뮬레이션의 간단성을 위해 두 BS는 서비스율을 제외한 나머지 파라미터는 동일하다고 가정한다. 또한, 셀 크기(cell size)의 차이에 따른 시뮬레이션 결과의 차이를 확인하기 위해 두 가지의 시뮬레이션 시나리오를 고려할 수 있다. 시나리오 1은 큰 셀의 경우를, 시나리오 2는 작은 셀의 경우를 각각 고려한다.
- [0060] 시뮬레이션을 통해 제안하고자 하는 수직적 핸드오버 방법(이후, 파워-최적 VHO 알고리즘(power-optimized VHO(Vertical Handover) algorithm)이라 칭함)과 신호대잡음비 기반 알고리즘(SNR-based algorithm)과 NO-VHO 알고리즘 사이의 성능을 비교한다. 신호대잡음비 기반 알고리즘은 현재 접속 중인 BS으로부터의 신호대잡음비를 다른 BS들의 신호대잡음비 값과 비교하여 핸드오버 실행을 결정하는 방식으로써 간단한 하드웨어 구성의 장점으로 인해 가장 많이 사용하고 있는 방법이다. 또한 NO-VHO 알고리즘은 하나의 트래픽 처리기간 동안 핸드오버를 수행하지 않는 방법으로써 핸드오버 비용을 발생시키지 않을 수 있다.
- [0061] 세 가지 수직적 핸드오버 방법의 성능을 확인하기 위해 예상 전체 파워 소비(expected total power consumption(cost)), 핸드오버의 수(number of handover), 전체 핸드오버의 수(total number of handover)를 확인한다. 이때 핸드오버 수는 모든 가능한 초기상태에 대해서 각 핸드오버 결정 시점에서 발생하는 핸드오버 수를 말하며, 전체 핸드오버 수는 모든 가능한 초기상태에 대하여 하나의 트래픽을 처리하는 동안 발생하는 전체 핸드오버의 수를 말한다.
- [0062] 도 4는 각기 다른 핸드오버 비용에 따른 기대 전체 파워 소비를 나타낸 그래프이다. 도 4는 핸드오버 비용 변화에 따른 기대 전체 파워 소비를 나타내고 있다. 도 4는, 핸드오버 비용이 증가 할수록 파워-최적 VHO 알고리즘은 셀 사이즈에 상관없이 신호대잡음비-기반 알고리즘과 NO-VHO 알고리즘에 비해 낮은 예상 전체 비용을 얻을 수 나타내고 있다.
- [0063] 도 5는 각기 다른 핸드오버 비용에 따른 전체 핸드오버 수를 나타낸 그래프이다. 도 5는, 핸드오버 비용이 증가함에 따라 전체 핸드오버의 수가 감소 함을 나타내고 있다. 이로부터 알 수 있는 사실은, 절전(power saving)의 관점에서 현재의 BS와의 링크 품질이 상대적으로 다른 BS들과의 링크 품질에 비해 좋지 않더라도, 동적 파워 제어를 통해 네트워크 명목 서비스율을 보장해주면서 현재의 BS를 유지하는 것이 효과적인 방법이 될 수 있다는 것을 의미한다. 그 이유는 핸드오버를 수행하면 핸드오버 비용이 발생하는데 이러한 핸드오버 비용이 핸드오버를 통해 얻게 되는 전송 파워의 절약(saving)보다 클 수 있기 때문이다.
- [0064] 도 6은 시나리오 1 환경에서 K가 9일 때, 디스카운트 팩터의 변화에 따른 각 핸드오버 결정 시점에서 발생하는 핸드오버의 수를 나타낸 그래프이다. 이때, 하나의 트래픽을 이루는 프레임의 수는 10개로 가정하였다. 도 6을 통해서 알 수 있는 사실을 디스카운트 팩터에 상관없이 마지막 두 개의 연속적인 핸드오버 결정 시점에서 핸드오버가 발생하지 않는다는 것이다. 또한, 핸드오버 비용이 증가 할수록, 이러한 마지막에 연속적으로 핸드오버가 발생하지 않는 결정 시점 수가 증가할 것이라는 것을 쉽게 예측 할 수 있다. 따라서 도 6의 결과를 통해 추가적으로 제안하고자 수직적 핸드오버 방법은 트래픽 사이즈와 BS가 속한 네트워크 특성을 반영하여 마지막 얼마 간의 핸드오버 결정 시점에서는 아예 핸드오버 결정 자체를 고려하지 않는 것이다. 각각의 BS들은 핸드오버 결정을 위해 주위의 BS들과 다양한 정보를 주고 받아야 하고 주고 받은 정보를 바탕으로 해서 핸드오버 결정을 해야 한다. 이는 굉장히 복잡한 과정들인데 마지막 얼마간이 핸드오버 결정 시점에서는 이러한 과정 자체를 수행하지 않음으로써 추가적인 파워 절약을 이끌어 낼 수 있다.
- [0065] 도 7은 본 발명의 일실시예에 있어서, 기지국의 내부 구성을 설명하기 위한 블록도이고, 도 8은 본 발명의 일실시예에 있어서, 수직적 핸드오버 방법을 도시한 흐름도이다. 본 실시예에 따른 기지국(700)은 도 7에 도시된 바와 같이, 적어도 하나의 프로세서(710), 후보 기지국 확인부(720), 예상 전체 비용 계산부(730) 및 후보 기지국 선택부(740)를 포함할 수 있다. 또한, 본 실시예에 따른 수직적 핸드오버 방법은 기지국(700)에 의해 수행될 수 있으며, 수직적 핸드오버 방법이 포함하는 단계들은 기지국(700) 또는 기지국(700)이 포함하는 구성요소에 의해 수행될 수 있다.
- [0066] 단계(810)에서 기지국(700)은 하향 링크로 모바일 터미널에게 복수의 프레임으로 구성된 하나의 트래픽을 전송하는 경우, 매 프레임의 전송 시작 전마다 복수의 무선 네트워크에서 접속 가능한 후보 기지국들을 확인할 수 있다. 일례로, 후보 기지국 확인부(720)가 적어도 하나의 프로세서(710)의 제어에 따라 단계(810)을 수행할 수

있다.

- [0067] 단계(820)에서 기지국(700)은 하나의 트래픽을 처리하기 위해 요구되는 전체 파워 소비에 대한 예상 전체 비용(expected total cost)을 확인된 후보 기지국들 각각을 선택한 경우에 대해 계산할 수 있다. 일례로, 예상 전체 비용 계산부(730)가 적어도 하나의 프로세서(710)의 제어에 따라 단계(820)을 수행할 수 있다.
- [0068] 단계(830)에서 기지국(700)은 후보 기지국들 중 예상 전체 비용이 가장 낮게 계산되는 후보 기지국을 선택할 수 있다. 일례로, 후보 기지국 선택부(740)가 적어도 하나의 프로세서(710)의 제어에 따라 단계(830)을 수행할 수 있다.
- [0069] 일실시예로, 예상 전체 비용은, 하나의 트래픽을 전송하는 경우에 요구되는 전송 파워 및 회로 파워에 대한 비용을 이용하여 계산될 수 있다. 일례로, 전송 파워에 대한 비용은, 해당 기지국이 지원할 수 있는 최대 전송 파워, 최소 전송 파워 및 전력 제어를 위한 링크 품질의 임계값을 이용하여 계산될 수 있다.
- [0070] 다른 실시예로, 예상 전체 비용은, 핸드오버를 실행하는 경우에 요구되는 파워에 대한 비용을 더 이용하여 계산될 수 있다.
- [0071] 또 다른 실시예에서, 예상 전체 비용은, MDP(Markov Decision Process)에 기반하여, 정책(policy)과 초기상태(initial state)가 주어졌을 때의 기대값(expectation), 확률변수(random variable)가 주어졌을 때의 기대값 및 현재 시점에서의 미래 비용의 중요성에 따라 기설정된 디스카운트 팩터(discount factor)를 더 이용하여 계산될 수 있다. 이때, 상기 정책은, 벨만 최적 방정식(Bellman optimal equation)을 통한 동적 프로그래밍 및 가치 반복 알고리즘(value iteration algorithm) 중 적어도 하나를 이용하여 결정될 수 있다.
- [0072] 예상 전체 비용에 대해서는 이미 수학식들을 통해 자세히 설명한 바 있다.
- [0073] 단계(840)은 필요에 따라 선택적으로 수직적 핸드오버 방법에 포함될 수 있다. 단계(840)에서 기지국(700)은 매 프레임의 전송 시작 전의 핸드오버 결정 시점(handover decision epoch)마다 핸드오버 여부를 결정할 수 있다. 일례로, 기지국(700)은 필요에 따라 선택적으로 핸드오버 관리부(750)를 포함할 수 있고, 핸드오버 관리부(750)는 적어도 하나의 프로세서(710)의 제어에 따라 단계(840)을 수행할 수 있다. 이때, 기지국(700)은 단계(840)에서 하나의 트래픽의 크기에 기반하여 결정되는 특정 핸드오버 결정 시점까지 상기 핸드오버 결정 시점마다 상기 핸드오버 여부를 결정을 반복할 수 있다. 여기서, 특정 핸드오버 결정 시점은, 마지막 핸드오버 결정 시점 이전의 시점일 수 있다. 특정 핸드오버 결정 시점 이후에는 핸드오버 여부의 결정이 수행되지 않음으로써, 추가적인 절전이 가능함을 이미 도 6을 통해 설명한 바 있다.
- [0074] 이와 같이, 본 발명의 실시예들에 따르면, 이중 무선 네트워크 환경에서 하나의 트래픽을 전송하기 위해 요구되는 전체 파워 소비를 제안한 수직적 핸드오버 방법을 통해 최소화할 수 있다. 또한, 하나의 트래픽을 처리하기 위해 요구되는 전체 핸드오버 결정 시점 가운데 마지막 얼마간은 핸드오버 결정 자체를 수행하지 않음으로써 추가적인 파워 절약을 이끌어 낼 수 있다.
- [0075] 이상에서 설명된 장치는 하드웨어 구성요소, 소프트웨어 구성요소, 및/또는 하드웨어 구성요소 및 소프트웨어 구성요소의 조합으로 구현될 수 있다. 예를 들어, 실시예들에서 설명된 장치 및 구성요소는, 예를 들어, 프로세서, 콘트롤러, ALU(arithmetic logic unit), 디지털 신호 프로세서(digital signal processor), 마이크로컴퓨터, FPA(field programmable array), PLU(programmable logic unit), 마이크로프로세서, 또는 명령(instruction)을 실행하고 응답할 수 있는 다른 어떠한 장치와 같이, 하나 이상의 범용 컴퓨터 또는 특수 목적 컴퓨터를 이용하여 구현될 수 있다. 처리 장치는 운영 체제(OS) 및 상기 운영 체제 상에서 수행되는 하나 이상의 소프트웨어 애플리케이션을 수행할 수 있다. 또한, 처리 장치는 소프트웨어의 실행에 응답하여, 데이터를 접근, 저장, 조작, 처리 및 생성할 수도 있다. 이해의 편의를 위하여, 처리 장치는 하나가 사용되는 것으로 설명된 경우도 있지만, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는, 처리 장치가 복수 개의 처리 요소(processing element) 및/또는 복수 유형의 처리 요소를 포함할 수 있음을 알 수 있다. 예를 들어, 처리 장치는 복수 개의 프로세서 또는 하나의 프로세서 및 하나의 콘트롤러를 포함할 수 있다. 또한, 병렬 프로세서(parallel processor)와 같은, 다른 처리 구성(processing configuration)도 가능하다.
- [0076] 소프트웨어는 컴퓨터 프로그램(computer program), 코드(code), 명령(instruction), 또는 이들 중 하나 이상의 조합을 포함할 수 있으며, 원하는 대로 동작하도록 처리 장치를 구성하거나 독립적으로 또는 결합적으로(collectively) 처리 장치를 명령할 수 있다. 소프트웨어 및/또는 데이터는, 처리 장치에 의하여 해석되거나 처리 장치에 명령 또는 데이터를 제공하기 위하여, 어떤 유형의 기계, 구성요소(component), 물리적 장치, 가상 장치(virtual equipment), 컴퓨터 저장 매체 또는 장치, 또는 전송되는 신호 파(signal wave)에 영구적으로,

또는 일시적으로 구체화(embody)될 수 있다. 소프트웨어는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템 상에 분산되어서, 분산된 방법으로 저장되거나 실행될 수도 있다. 소프트웨어 및 데이터는 하나 이상의 컴퓨터 판독 가능 기록 매체에 저장될 수 있다.

[0077]

실시예에 따른 방법은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 매체에 기록되는 프로그램 명령은 실시예를 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 컴퓨터 판독 가능 기록 매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(magnetic media), CD-ROM, DVD와 같은 광기록 매체(optical media), 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광 매체(magneto-optical media), 및 롬(ROM), 램(RAM), 플래시 메모리 등과 같은 프로그램 명령을 저장하고 수행하도록 특별히 구성된 하드웨어 장치가 포함된다. 프로그램 명령의 예에는 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드를 포함한다. 상기된 하드웨어 장치는 실시예의 동작을 수행하기 위해 하나 이상의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.

[0078]

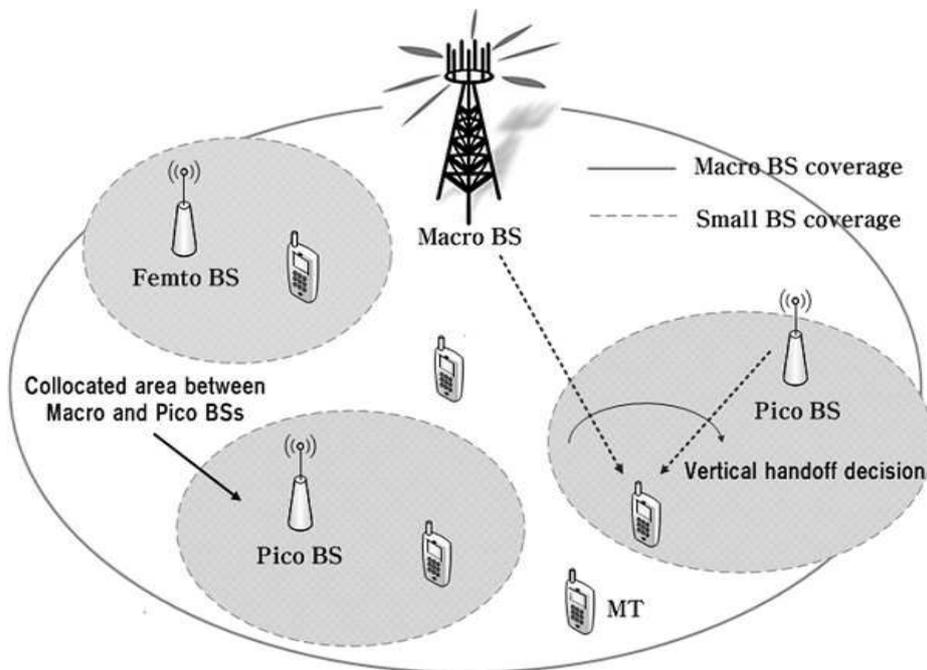
이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 상기의 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 예를 들어, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다른 순서로 수행되거나, 및/또는 설명된 시스템, 구조, 장치, 회로 등의 구성요소들이 설명된 방법과 다른 형태로 결합 또는 조합되거나, 다른 구성요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다.

[0079]

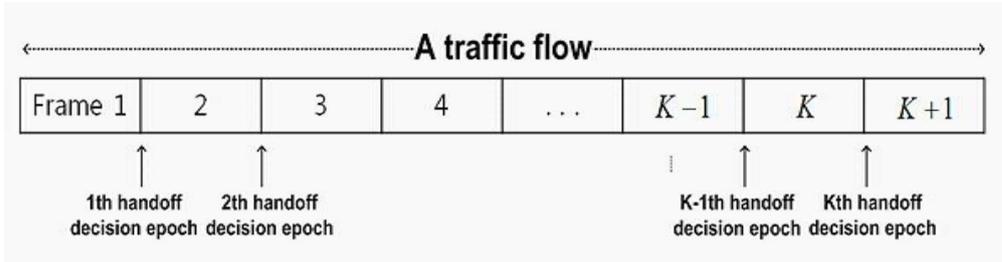
그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

도면

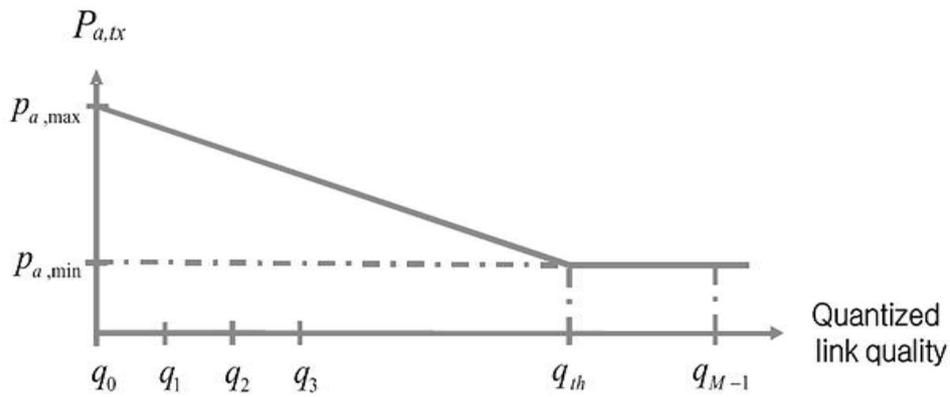
도면1



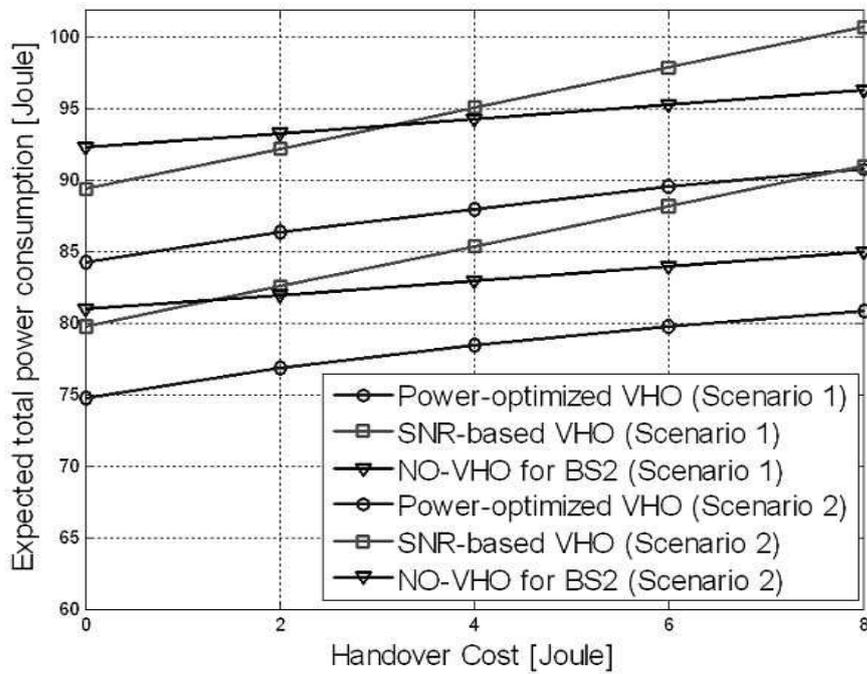
도면2



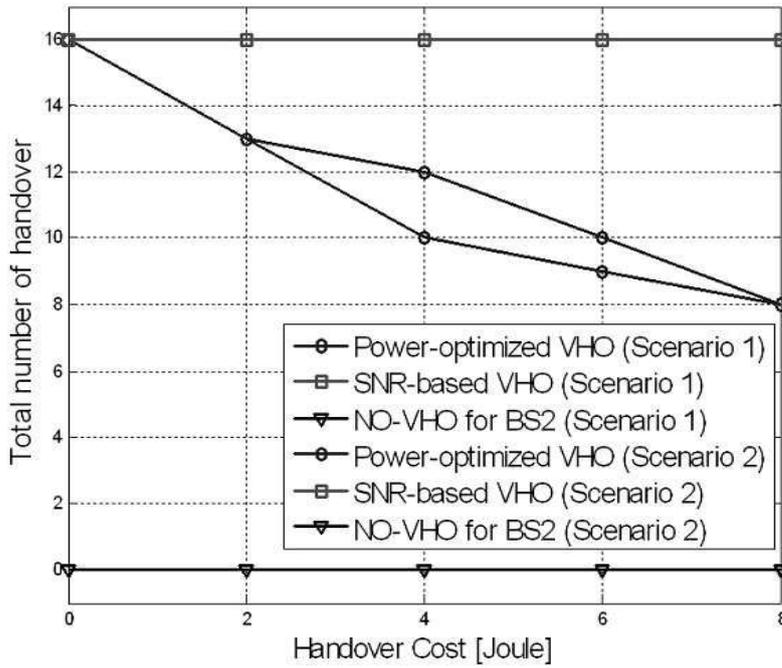
도면3



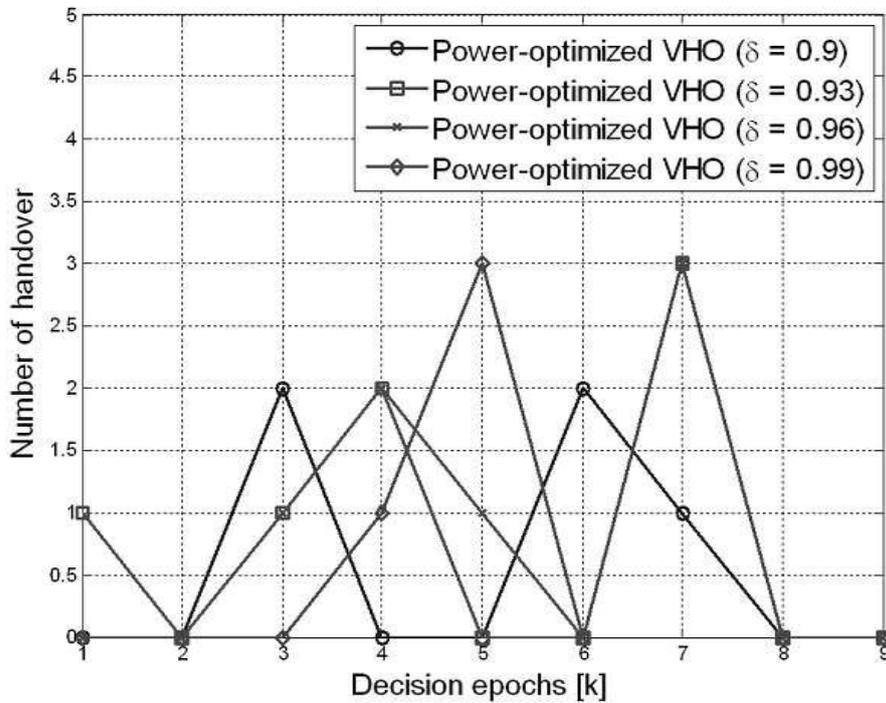
도면4



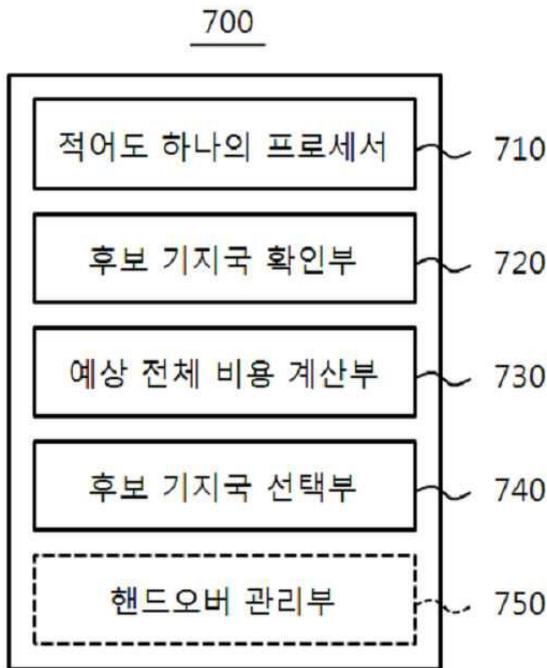
도면5



도면6



도면7



도면8

